

# E-Learning Grundlagen der Sonografie

Entwicklung eines schweizweiten Einstiegsmoduls für die  
Ultraschallausbildung

Lisa Lüthi<sup>1</sup>, Lia Jeker<sup>1</sup>, Ulrich Woermann<sup>2</sup>, Roman Hari<sup>1</sup>, Matthias Hofer<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Berner Institut für Hausarztmedizin (BIHAM), Universität Bern

<sup>2</sup>Institut für medizinische Lehre, Universität Bern

<sup>3</sup>Universitätsinstitut für Diagnostische, Interventionelle und Pädiatrische Radiologie, Inselspital Bern

## Im Artikel verwendete Abkürzungen

BIHAM: Berner Institut für Hausarztmedizin

IML: Institut für medizinische Lehre, Universität Bern

SGUM: Schweizerische Gesellschaft für Ultraschallmedizin

## Zusammenfassung

Die Vermittlung theoretischer und physikalischer Grundlagen der Sonografie stellt für viele Kursleitende von Ultraschallkursen eine Herausforderung dar, weshalb sich der Einsatz eines e-Learnings anbietet. Ein solches Lernprogramm wurde im Rahmen eines Projekts der SGUM bereits als Modul «Grundlagen der Sonografie» realisiert und nun didaktisch sowie inhaltlich weiterentwickelt, um für Teilnehmende verschiedener Ultraschallkurse als «Pre-Course-Assignment» angeboten zu werden. Basierend auf theoretischen Erkenntnissen sowie der Evaluation des bisherigen E-Learnings wurden die Grundsätze für die Überarbeitung des Lernprogramms erarbeitet und anschliessend umgesetzt. Nach Bearbeitung der vier Kapitel sollen die Nutzer bereit sein, ein Ultraschallgerät zu bedienen und die groben physikalischen Grundsätze zu verstehen. Dieser Artikel beschreibt das didaktische Konzept der Überarbeitung dieses e-Learnings, die Inhalte des Endprodukts und deren Bedeutung für die Praxis.

## Zusammenfassung (englisch)

Teaching the rudiments of the theoretical and practical aspects of sonography is a challenge for many ultrasound course instructors, which is why the use of e-learning has come to the fore. An e-learning programme has already been implemented as part of an SGUM project: the “Fundamentals of Sonography” module. It has now been further developed in terms of

teaching methods and content so that it can be offered as a “pre-course assignment” to participants in a variety of ultrasound courses. Based on theoretical knowledge and the evaluation of previous e-learning courses, the principles for the revision of the learning programme were developed and then implemented. After completing the four course sections, users should be able to operate an ultrasound device and understand the basic physical principles. This article describes the didactic concepts of the revision of the e-learning, the contents of the end product, and the implications for practice.

## Zusammenfassung (französisch)

L'enseignement des bases théoriques et physiques de l'échographie représente un défi pour de nombreux(-ses) instructeurs(-trices) de cours d'ultrasons, raison pour laquelle un système d'apprentissage en ligne (e-learning) s'y prête parfaitement. Un tel programme d'apprentissage, intitulé « Principes fondamentaux de l'échographie », a déjà été développé dans le cadre d'un projet de la SSUM (Société Suisse d'Ultrasons en Médecine) et a maintenant été amélioré sur le plan didactique ainsi qu'en termes de contenu, afin d'être proposé aux participant(e)s de différents cours ultrasonographiques en tant que « Pre-Course-Assignment ». Sur la base des résultats théoriques et de l'évaluation du précédent e-learning, les principes de révision du programme d'enseignement ont été élaborés et ensuite mis en œuvre. Après avoir parcouru les quatre chapitres, les utilisateurs(-trices) devraient être prêt(e) à utiliser un appareil à ultrasons et à en comprendre les principes physiques principaux. Cet article décrit le concept didactique de la révision de cet e-learning, le contenu du produit final et sa signification pour la pratique.

## Schlüsselwörter

E-Learning, Grundlagen der Sonografie, Ultraschall-Ausbildung

E-Learning, bases de l'échographie, formation en échographie

E-Learning, principles of ultrasound, ultrasound education

## Einführung

Für einen gezielten und aussagekräftigen Einsatz der Sonografie sind Kenntnisse zu den Grundlagen der Physik und zur Handhabung des Ultraschallgerätes essentiell. Kursorganisatoren erleben es oft als Herausforderung, diese komplexen und teilweise fachfremden Grundlagen zu vermitteln. Zunehmend werden in praktischen Kursen online Lernplattformen für die Vermittlung von theoretischen Inhalten verwendet. Auch die Schweizerische Gesellschaft für Ultraschallmedizin (SGUM) zeigte Interesse an einem solchen «Pre-Course-Assignment», weshalb im vorliegenden Projekt ein eigenständiges e-

Learning zu den Grundlagen der Sonografie weiterentwickelt und in Zukunft Kursteilnehmenden verschiedener Kurse zur Verfügung gestellt werden sollte.

### Didaktischer Hintergrund

Der Einsatz eines e-Learnings ist eine gute Möglichkeit für die Vermittlung von Grundlagen der Sonografie, weil die Lernenden die Kontrolle über die Lerngeschwindigkeit und die Lernreihenfolge haben und die Möglichkeit haben, einzelne Inhalte zu wiederholen oder zu überspringen. Ebenfalls eignet es sich sehr gut, um den Lernerfolg aufzuzeigen. In verschiedenen Studien zeigte sich, dass sich e-Learning-Module vor allem durch die einfache Handhabung, die Kosteneffizienz und die Zufriedenheit der Lernenden bewährten (1). Für den Einsatz als «Pre-Course-Assignment» verschiedener Ultraschallkurse würde das Angebot eines e-Learnings zudem zu einer Einsparung von Kurszeit führen, die stattdessen zur Vermittlung von praktischen Ultraschallfähigkeiten genutzt werden könnte.

Im Rahmen des «Blended Learning»-Basiskurs Sonografie wurde bereits eine erste Version des e-Learnings zu den Grundlagen der Sonografie erstellt (2). Dieses e-Learning wies jedoch noch inhaltliche Lücken auf und hatte auch auf didaktischer Ebene Verbesserungsbedarf, wie durch Rückmeldungen der Nutzer hervorging.

Ziel dieses Artikels ist das Aufzeigen der Entwicklung und der didaktischen Elemente des neuen e-Learnings, dessen Vorteile und die Bedeutung für die Praxis.

### Methodik

Die Überarbeitung des e-Learnings basierte auf den Rückmeldungen vier komplementärer Informationsquellen: Fokusgruppen mit Studierenden und Peer-Tutoren, Experteninterviews und Erkenntnisse aus der Literatur.

### Datenerfassung zur Evaluation des e-Learnings

Die Evaluation des bestehenden Lernprogramms wurde einerseits in Form von Fokusgruppen mit Nutzern des Lernprogramms sowie mit Peer-Tutoren des «Blended Learning»-Basiskurs Sonografie durchgeführt. Andererseits wurden in zwei Einzelinterviews weitere Entwicklungsmöglichkeiten exploriert. Diese Einzelinterviews wurden mit dem Bereichsleiter Lernmedien des Instituts für medizinische Lehre (IML) sowie dem Leiter für medizinische Lehre des Berner Institut für Hausarztmedizin (BIHAM) durchgeführt. Mithilfe von Fragebogen wurden zudem am Ende der Gespräche Daten zur Nutzer-Zufriedenheit erhoben.

In den semi-strukturierten Fokusgruppen-Interviews mit je vier bis sechs Nutzern und Peer-Tutoren wurden anhand einer Diskussion unter den Teilnehmenden verschiedene Ansichten zum e-Learning ausgetauscht und konkrete Verbesserungsmöglichkeiten diskutiert. Fokusgruppen haben den Vorteil, dass die Teilnehmenden die Möglichkeit haben, auf Aussagen anderer Nutzer zu antworten oder ihre eigenen Aussagen darauf aufzubauen (3). Die schriftlichen Fragebogen, die am Ende der Interviews ausgefüllt wurden, beinhalteten eine mehrstufige verbalisierte Skala zur Beurteilung verschiedener didaktischer Kriterien, offene Fragen und eine verbalisierte Skala zur Einschätzung des erwarteten Mehrwerts von zusätzlichen Funktionsvorschlägen im e-Learning.

### Konzept für die Überarbeitung des e-Learnings

Die Hauptkritik der Nutzer des Lernprogramms, der Peer-Tutoren als auch der Experten bezog sich auf die technische Gestaltung, den Inhalt und den mangelnden Bezug zur Sonografie. Das ursprüngliche e-Learning besteht aus vier Videos à 14 bis 26 Minuten. Diese präsentieren Fakten, Formeln und Listen sowie Bilder, Animationen und Videos jeweils mit einem gesprochenen Text kombiniert. Kritisiert wurde die Länge der Videos und die fehlende Übersicht, während die einfache Bedienung überzeugte. In den Fragebogen zur Nutzer-Zufriedenheit wurde ein Inhaltsverzeichnis, mehr Interaktivität sowie eine bessere Anpassung an die individuelle Lerngeschwindigkeit als Mehrwert eingeschätzt. Alle drei Gruppen hoben hervor, dass inhaltlich generell eine gute Tiefe erreicht wurde, einzelne Inhalte allerdings zu genau (Physik), andere ungenügend (Artefakte) thematisiert wurden. Ein weiterer Kritikpunkt war, dass gewisse Inhalte zu wenig fallbasiert waren und mehr Sonografie-Bilder in Kombination mit Skizzen zur Vermittlung komplexer Inhalte verwendet werden sollten.

Die Schwerpunkte des Konzepts für die Überarbeitung lagen aufgrund dieser Rückmeldungen auf der Verbesserung der Handhabung und Navigation, dem praktischen Bezug zur Sonografie, der Vermittlung komplexer Inhalte sowie der Interaktivität. Die folgenden Grundsätze wurden für die Überarbeitung des e-Learnings formuliert:

- Optimierung der Gliederung und der Navigation, ersichtlicher Lernfortschritt
- Veranschaulichung komplexer Zusammenhänge mithilfe von Animationen
- Reduktion der Inhalte auf praxisrelevantes Wissen
- Intensivierung des Praxisbezugs, unter anderem durch vermehrten Einsatz von Ultraschallbildern und konkreten Fallbeispielen
- Verwendung von Einstiegsfragen zu den jeweiligen Kapiteln als Anwendung von Prinzipien der Konstruktivismus-Theorie
- Überprüfung des Lernfortschritts durch Verständnisfragen

Im Zeitraum von sechs Monaten wurde so ein neues Lernprogramm aufgebaut und durch Rückmeldungen von Studierenden und Ultraschall-Experten getestet und verfeinert. Ab Herbst 2020 soll das neue e-Learning auf deutsch und französisch verfügbar sein.

## Resultate

Das e-Learning «Grundlagen der Sonografie» gliedert sich in vier Kapitel mit den Inhalten «Einführung», «Arbeiten mit dem Ultraschallgerät», «Physikalische Grundlagen» und «Doppler-Sonografie». So sollen die wichtigsten Kenntnisse zur Methode der Sonografie, deren Einsatzbereiche, zum korrekten Umgang mit dem Ultraschallgerät und zur Sondenführung vermittelt werden. Die Inhalte konzentrieren sich auch auf die Bildorientierung und wichtigen Geräteeinstellungen, auf die physikalischen Grundlagen des Ultraschalls sowie auf Artefakte und die Farbdoppler-Sonografie.

### Didaktische Elemente im überarbeiteten e-Learning

Wie in Abbildung 1 ersichtlich, wurde eine übersichtliche Gliederung in Kapitel und Unterkapitel eingeführt, welche die Navigation erleichtert und den Lernfortschritt stets ersichtlich macht. Das e-Learning wurde in der virtuellen Lern- und Lehrplattform der Universität Bern entwickelt («ILIAS»). Für die Verwendung für nicht-universitäre Nutzer wird das Modul auf einer anderen Plattform hochgeladen, was den einfacheren Zugang sichern soll.

Weitere didaktische Elemente, die im e-Learning angewendet werden, sind unter anderem der Einsatz von Animationen, Einstiegsfragen zu den Kapiteln, schematische Darstellungen, die Hervorhebung des praktischen Nutzens und Lernfragen. Für die Darstellung von Ultraschall-Untersuchungen wurden Videos mit drei parallelen Perspektiven gewählt, welche zeitlich synchron Ultraschallbild, Übersichtsaufnahme und Nahaufnahme der Sondenführung zeigen (siehe Abbildung 2).

Im Sinne des Konstruktivismus-Ansatzes, bei dem neue Informationen in bereits bestehendes Wissen integriert werden sollen, wurden zu vielen Unterkapiteln Einstiegsfragen formuliert (Abbildung 3). Hierdurch soll Vorwissen aktiviert werden, auf welches in der darauf folgenden Lerneinheit neues Wissen aufgebaut werden kann. Die Fragen werden erst am Ende des jeweiligen Kapitels aufgelöst und haben den Zweck, die Lernenden zu motivieren, die Antwort während der Bearbeitung des Kapitels herauszufinden und die Relevanz für die Praxis zu verstehen (5)

Multiple-Choice oder Quiz-Fragen, wie in Abbildung 4 ersichtlich, sollen die Nutzer dazu anregen, das neu angeeignete Wissen zu testen und allfällige Verständnislücken aufzudecken. Für einen höheren Praxisbezug basieren die meisten Fragen auf einem klinischen Ultraschallbild.

Redundanz von gesprochenem und geschriebenem Text wurde vermieden und Animationen dort eingesetzt, wo ein bewegtes Schema hilfreich schien, um komplexe Sachverhalte zu erläutern (Abbildung 5). Die Umsetzung des Kritikpunktes des fehlenden Praxisbezugs erfolgte durch den Einsatz möglichst vieler praxisnaher Beispiele und durch das Verwenden von Ultraschallbildern in Kombination mit Schemata und Skizzen (Abbildung 6).

## Diskussion

Das überarbeitete e-Learning beinhaltet vier Kapitel, welche nach didaktischen Grundsätzen und der Umsetzung des Feedbacks von Studierenden, Peer-Tutoren und Experten neu gestaltet wurden.

Die Umsetzung vieler Grundsätze erfolgte nach der Theorie des «Multimedia Learning» sowie «Multimedia Instruction» von Richard E. Mayer (4). Beide Theorien beschreiben, wie mentale Kapazität gefördert, neues Wissen generiert und möglichst nachhaltig abgespeichert werden kann. An diesen Grundsätzen orientiert sich die Gestaltung der Inhalte, indem sie strukturiert in Unterkapitel gegliedert sind und sie im Einzelnen die kognitive Kapazität («Cognitive Load») der Nutzer nicht überlasten (5). Inhalte sind so organisiert, dass kognitive Vorgänge, welche keinen Beitrag zum Lernziel haben und durch schlechtes Anweisungsdesign entstehen, weitgehend eliminiert wurden. Um Verarbeitungsprozesse zu fördern und dem neu angeeigneten Wissen einen Sinn zu verleihen, sollen unter anderem Fragen, Quizfälle und praktische Beispiele dazu dienen, die Motivation der Lernenden positiv zu beeinflussen.

Die Benutzeroberfläche auf der Lernplattform ILIAS unterstützt die Umsetzung weiterer Grundsätze für die Überarbeitung des Lernprogramms. Durch die neue Gliederung in Unterkapitel ist der Lernfortschritt übersichtlicher, Nutzer können einzelne Inhalte gezielter suchen und in ihrem individuellen Lerntempo arbeiten.

Die Einstiegsfragen sollen das Interesse des Nutzers wecken, weil indirekt die praktische Bedeutung der Inhalte des jeweiligen Kapitels aufgezeigt wird. Durch die Auflösung der Einstiegsfragen am Ende des jeweiligen Kapitels soll ein Spannungsbogen gebildet und

der Nutzer aktiv zum Nachdenken angeregt werden. Diese Methode wird gestützt durch die Konstruktivismus-Theorie, bei der neue Elemente in bestehende kognitive Strukturen integriert und bekannte Konzepte hinterfragt werden sollen.

Eine Herausforderung in der Überarbeitung war die Reduktion des Inhaltes auf die praxisrelevanten Themen und Konzepte. Im ursprünglichen e-Learning wurden vor allem die physikalischen Grundlagen eingehend behandelt. Dieser Balanceakt zwischen zu viel und zu wenig an wichtiger Information für das Verstehen des Ultraschalls und der Artefakte war bis zum Schluss ein kontrovers diskutiertes Thema. Zum Teil konnte dieses Problem mit Unterkapiteln «fakultative Zusatzinformation» gelöst werden. So steht es den Nutzern frei, ob sie sich bestimmte Teilaspekte intensiver aneignen oder lieber zum nächsten Thema übergehen möchten.

In den Fokusgruppen-Gesprächen zeigte sich bei den Studierenden und den Peer-Tutoren, dass ein Skript als eine Art Nachschlagewerk erwünscht wäre. Um diesem Wunsch nachzukommen, wurde am Ende von jedem Kapitel ein Unterkapitel «Zusammenfassung» eingebaut, in dem die Studierenden das Wichtigste in Kürze nachlesen können. Bei Unklarheiten kann so direkt auf einzelne Inhalte zugegriffen werden.

In Bezug auf das Vorgehen bei der Überarbeitung des e-Learnings kann die vielschichtige Evaluation des bestehenden Programms durch den Einsatz von Fokusgruppen und Experteninterviews in Kombination mit den Fragebögen als Stärke gewertet werden. Wertvolle Erkenntnisse konnten auch aus der vorhandenen Literatur zur didaktischen Gestaltung und Gliederung von e-Learning, Lehrstrategien sowie zum Einsatz und der Gestaltung von Animationen gewonnen und integriert werden.

Durch die vergleichsweise kleine Stichprobe von je vier bis sechs Nutzern und Peer-Tutoren und dem Durchführen von zwei Experteninterviews wurde möglicherweise keine Datensättigung erreicht. Die Rückmeldungen nach der Einführung des neuen Moduls werden zudem erst noch zeigen, inwiefern die vorgenommenen Änderungen aus Perspektive der Nutzer wirklich auch den gewünschten Effekt hatten.

### Schlussfolgerung

Das erarbeitete e-Learning umfasst die Grundlagen der Sonografie und dient der Vermittlung von praxisrelevantem Wissen, dessen Verständnis für die Klinik und die Durchführung von Ultraschalluntersuchungen essentiell ist. Nach Bearbeiten dieses e-Learnings sollen die Nutzer bereit sein, ein Ultraschallgerät zu bedienen und die groben

physikalischen Grundsätze zu verstehen. In Zukunft können Teilnehmende verschiedener Kurse die theoretischen Grundlagen der Sonografie mit diesem e-Learning als «Pre-Course-Assignment» bearbeiten.

### Danksagung

Wir danken Ueli Thurnheer, Dieter Frei, Bernhard Gassmann, Dieter von Ow, Nino Räschele und Robin Walter für die wertvollen inhaltlichen Beiträge zum Lernprogramm.

### Key messages

- Das e-Learning «Grundlagen der Sonografie» dient Teilnehmenden verschiedener Ultraschallkurse in Form eines «Pre-Course-Assignment» als theoretische Vorbereitung für die praktischen Kurse.
- Die vier didaktisch und inhaltlich überarbeiteten Kapitel decken das theoretische und physikalische Grundlagenwissen ab, welches für die Bedienung eines Ultraschallgeräts, das physikalische Verständnis, die Kenntnisse der Bildentstehung sowie der Doppler-Sonografie nötig ist.
- SGUM-Kursleiter können für die Teilnehmenden ihrer Kurse einen Zugang zum e-Learning beantragen ([www.youngsonographers.ch/grundlagenmodul](http://www.youngsonographers.ch/grundlagenmodul)).

### Info-Box

Interessiert an einem Zugang zum e-Learning «Grundlagen der Sonografie»?

Das E-Learning ist kostenfrei nutzbar. Für die Erstellung der Nutzer-Accounts stellen die «Young Sonographers» den Kursleitenden eine bescheidene Administrationsgebühr in Rechnung. Weitere Informationen unter [www.youngsonographers.ch/grundlagenmodul](http://www.youngsonographers.ch/grundlagenmodul)



## Bibliografie

1. Ruiz JG, Mintzer MJ, Leipzig RM. The impact of E-learning in medical education. Acad Med. 2006;81(3):207-12.
2. Raschle N, Hari R. [Blended Learning Basic Course Sonography - A SGUM Accredited Ultrasound Course Based on Peer-Tutoring]. Praxis. 2018;107(23):1255-9.
3. Stalmeijer RE, McNaughton N, Van Mook WN. Using focus groups in medical education research: AMEE Guide No. 91. Medical teacher. 2014;36(11):923-39.
4. Mayer RE. Applying the science of learning to medical education. Medical education. 2010;44(6):543-9.
5. Grunwald T, Corsbie-Massay C Guidelines for Cognitively Efficient Multimedia Learning Tools (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16501261>)

## Abbildungen

Abbildung 1: Lernfortschritt und Navigation

The screenshot displays the ILIAS University of Bern interface. At the top, a red banner reads "ILIAS Universität Bern". Below it, the logo "u<sup>b</sup>" is visible. The main navigation menu on the left lists the following items:

- ▼ Kapitel 2 - Arbeiten mit dem Ultraschall
  - Übersicht Kapitel 2
  - 1: Erfassen der Patientendaten
  - ▶ 2: Sondenauswahl
  - 3: Preset
  - 4: Kontaktmedium
  - ▶ 5: Bildorientierung
  - ▶ 6: Sondenführung
  - ▶ 7: Geräteeinstellungen zur Bildoptimierung
  - 8: Hygiene
  - 9: Umgang mit dem Gerät
  - 10: Bildspeicherung
  - ▶ 11: Befunddokumentation
  - 12: Zusammenfassung Kapitel 2

A large speech bubble overlaying the menu contains the text "Lernfortschritt und Navigation". To the right, a section titled "Übersicht Kapitel 2" (Overview Chapter 2) is shown. It includes a yellow box with the text: "Hier siehst du zwei Ultraschallbilder, die mit einer Linearsonde aufgenommen wurden." (Here you see two ultrasound images taken with a linear probe). Below this text are two bullet points:


- Welches Bild wurde mit welcher Einstellung aufgenommen?
- In welchem Bild herrscht die beste Bildqualität?

The text "Die Auflösung findest du am Ende des Kapitels" (The resolution you find at the end of the chapter) is also visible.


Abbildung 2: Drei-Perspektiven-Videos



Abbildung 3: Einstiegsfragen, Repetition von Schwerpunkten, schematische Darstellungen


 Ultraschallwellen verhalten sich ähnlich wie Schallwellen im Hörbereich des Menschen. Wenn jemand um eine Ecke herum steht und spricht, hören wir diese Person trotzdem sprechen. Doch kann man auch mittels Ultraschallwellen "ums Eck" schallen?  
 Die Auflösung zu dieser Frage findest du am Ende dieses Kapitels im

**Ausbreitung von Ultraschallwellen**  
 In diesem Kapitel im Unterkapitel 1 hast du gelernt, dass ein Teil der Ultraschallwellen zum Schallkopf zurück gesendet wird. Ein anderer Teil der Ultraschallwellen wird im Gewebe weitergeleitet, was

**Repetition:** Je größer der Impedanzunterschied zweier Gewebe (Differenz der Schallleitungsgeschwindigkeiten), desto grösser die Reflexion der Ultraschallwellen.  

 Ein sehr grosser Impedanzunterschied zwischen Weichteilgewebe sowie zwischen Weichteilgewebe und Luft führt zu einer Totalreflexion. Dies bedeutet, dass Strukturen, welche hinter Luft oder Knochen liegen, nicht dargestellt werden können.

The diagram shows two media, 'Gewebe 1' and 'Gewebe 2', separated by a vertical red line labeled 'Grenzschicht'. Wave impedances  $\rho_1$  and  $\rho_2$  are indicated above the boundary. A blue arrow representing an incident wave moves from left to right. At the boundary, a red arrow representing a reflected wave moves back to the left, and a pink arrow representing a transmitted wave moves forward into 'Gewebe 2'. Below the diagram, two boxes are labeled 'Reflexion' (in blue) and 'Transmission' (in pink).

Abbildung 4: Fragen zum Überprüfen des Lernfortschrittes

Wenn du dich an das vorherige Kapitel "Ausbreitung von Ultraschallwellen" erinnerst, welches der dort genannten Phänomene könnte für das folgende Artefakt verantwortlich sein?



Echofreier Schatten hinter einem Gallenstein

Bitte wählen Sie maximal 2 von 4 Antworten!

- ☐ Transmission
- ☐ Totalreflexion
- ☐ Beugung
- ☐ Absorption/Streuung

Auswerten

Fragen zum Überprüfen des Lernfortschrittes

Abbildung 5: Animationen

**Transversalwelle:** Die Teilchen bewegen sich senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle.





Transversalwelle (Scherwelle, S-Welle)

Ausbreitungsrichtung

Animationen

Abbildung 6: Praktische, klinisch relevante Beispiele



Totalreflexion durch Luft

Dünndarmschlinge

Praktische, klinisch relevante Beispiele

Mit Luft gefüllter Darm, es kommt zur Totalreflexion mit Schallschatten und schlechter Darstellbarkeit der dahinter liegenden Strukturen (s. Kapitel 4, Artefakte)

Da es sich um eine leere Dünndarmschlinge ohne Luft handelt, kommt es nicht zu einer Totalreflexion.